



622.691.4.052

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ОСЕРАДИАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

## DEVELOPMENT OF THE PROGRAM FOR CONSTRUCTION OF THE GEOMETRY OF A IMPELLER OF THE CENTRIFUGAL COMPRESSOR

**Богданец Сергей Владимирович**, студент каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

**Блинов Виталий Леонидович**, к.т.н, старший преподаватель каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

**Скороходов Александр Владимирович**, старший преподаватель каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

**Sergey V. Bogdanets**, Student at Department "Turbines and Engines", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia.

**Vitalii L. Blinov**, PhD, Associate professor at Department "Turbines and Engines", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia.

**Aleksandr V. Skorohodov**, Associate professor at Department "Turbines and Engines", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia.

**Аннотация:** В данной работе представлено описание программы для создания геометрии рабочего колеса осерадиального компрессора.

**Abstract:** In this paper, a description of the program for creating the geometry of the impeller of a centrifugal compressor.

**Ключевые слова:** центробежный компрессор; осерадиальное рабочее колесо.

**Key words:** centrifugal compressor; axial-radial impeller.

### ВВЕДЕНИЕ

Центробежные компрессора широко используются в различных отраслях промышленности. Свое применение они находят в газотранспортной, химической, транспортной и других областях народного хозяйства. Осерадиальный компрессор является разновидностью центробежного компрессора. Отличие заключается в том, что энергия рабочему телу передается не только в радиальном, но также и в осевом направлении. За счет этого осерадиальные компрессора в условиях ограниченных габаритов имеют больший напор и расход по сравнению с только радиальными колесами [1].

С точки зрения построения геометрии осерадиальное колесо отличается тем, что его лопатки являются трехмерными- их нельзя изобразить плоской решеткой профилей, как в случае осевых и центробежных компрессоров.

Невозможность изображения трехмерного профиля лопатки осерадиального колеса в плоскости усложняет задачу построения ее твердотельной модели.

В настоящее время активно развиваются и используются CFD методы расчета течения в турбомашинах. Они обладают рядом преимуществ, одним из которых является быстрота получения результатов по сравнению с экспериментом. Для такого рода расчетов необходимо иметь геометрию турбомшины, и, чтобы не лишиться преимущества быстроты расчетов, нужно эту геометрию строить быстро.

Геометрия может быть как в виде 3D модели, построенной в CAD программах, так и в виде текстовых файлов с координатами точек.

Для успешных расчетов турбомашин численными методами необходимо иметь программу-профилировщик, которая будет создавать файлы

геометрии. Для каждого домена они будут состоять из трех файлов: корневой меридиональный обвод (hub), периферийный меридиональный обвод (shroud) и файл с профилями лопатки.

#### ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ПРОФИЛИРОВЩИКА

Программа-профилировщик осерадиального колеса организована в программе Microsoft Excel и работает по схеме изображенной на рисунке 1. Данные о геометрии импортируются из предыдущего расчета. Для построения рабочего колеса (РК) необходимо рассчитать и импортировать следующие величины: диаметр выхода из рабочего колеса  $D_2$ , диаметры на входе в рабочее колесо: периферийный  $D_0$  и корневой  $D_{вт}$ , угол наклона покрывающего диска  $\varphi$ , осевая длина рабочего колеса  $L$ , ширина лопаток на выходе  $b_2$ , радиусы скругления меридиональных обводов  $R_p$  и  $R_k$ , а также законы распределения угла  $\beta_{пер}$ , угла навала лопатки  $\gamma$  и толщины лопатки  $\delta$  вдоль всего профиля лопатки. На основе этих данных программа автоматически строит геометрию рабочего колеса.



Рис. 1. Схема работы профилировщика

Построение геометрии начинается с построения меридиональных обводов. По полученным из расчета данным строятся периферийный и корневой меридиональный обвод, после чего они разбиваются на 100 участков равной длины (Рисунок 2). Следующим этапом является построение средней линии на периферийной поверхности лопатки. Средняя линия строится по закону распределения угла  $\beta_{пер}$  на каждом из 100 участков периферийного меридионального обвода.

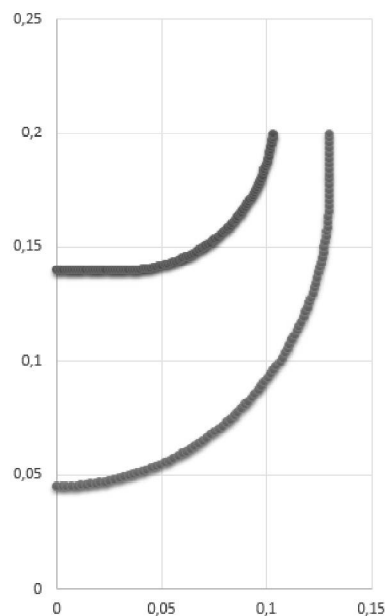


Рис. 2. Построенные меридиональные обводы

Схема построения средней линии изображена на рисунке 3. Окружности получены путем вращения периферийного меридионального обвода вокруг оси вращения компрессора. Построение средней линии для удобства реализовано в цилиндрической системе координат и начинается с точки 1 с координатами  $(90^\circ; r_{1пер}; 0)$ . Положение окружностей в пространстве полностью определено, что обозначает что у каждой точки средней линии определены две координаты  $r$  и  $z$ . Определение координаты  $\varphi$  зависит от угла  $\beta$ . Путем геометрического расчета находим угловую координату точки 2, которая будет равна  $90^\circ - \varphi_1$ .

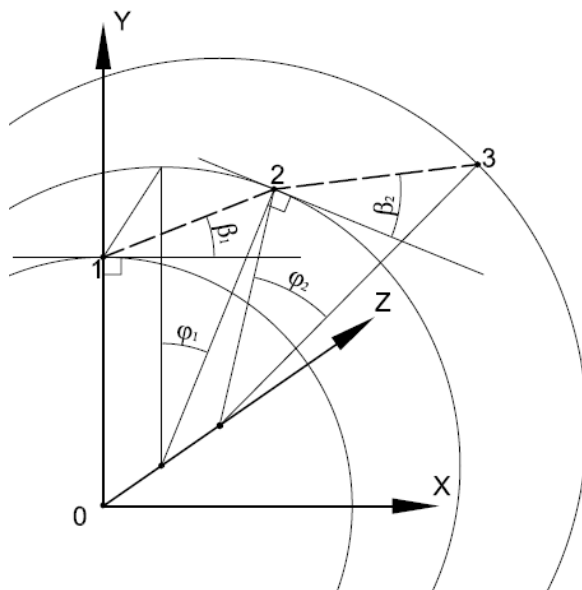


Рис. 3. Схема задания угла  $\beta$

В результате мы имеем цилиндрические координаты каждой точки скелетной линии на периферии. Чтобы получить координаты средней линии на корневой поверхности происходит пересчет координат на периферии с учетом угла навала лопатки. В результате мы имеем цилиндрические координаты 202 точек на корневом и периферийном меридиональных обводах.

Следующим этапом является добавление толщины к скелетным линиям, которое выполняется по задаваемому закону распределения толщины лопатки. Толщина добавляется с учетом углов навала  $\gamma$  и наклона  $\beta$ .

Заключительным этапом является построение входных и выходных кромок, которые строятся касательно к спинке и корытцу лопатки (Рисунок 4). Предварительно кромки строятся в полярной системе координат с центром на средней линии и состоят из 8 точек, после чего происходит перерасчет в главную цилиндрическую систему координат. На этом этапе принимаем допущение: считаем радиус кривизны поверхности (цилиндра) на входе в РК достаточно большой, чтобы принять его плоскостью, то есть входная кромка построена на плоскости и спроецирована не на цилиндр, а на его развертку.

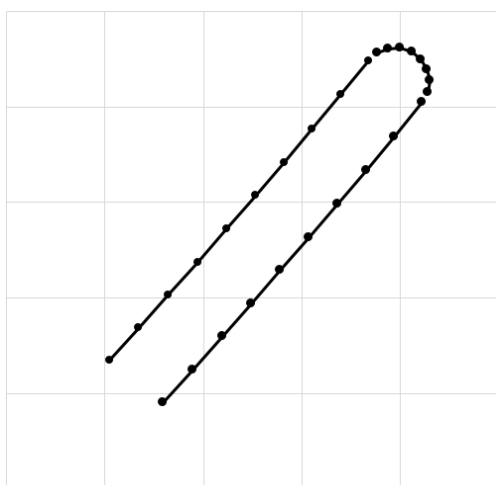
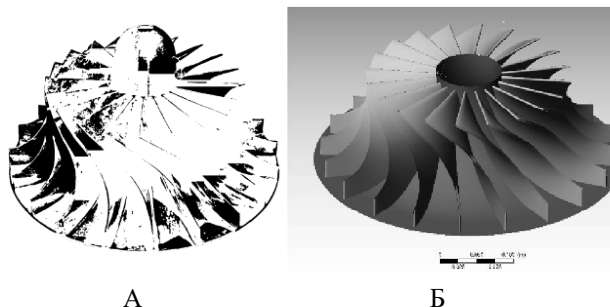


Рис. 4. Выходная кромка

После того как координаты всех необходимых точек рассчитаны, создаются файлы \*.curve, которые необходимы для построения расчетной сетки.

На рисунке 5 представлено фото осерадиального колеса, которое использовал в своих экспериментах Д.Экардт [2] (А) и это же колесо, построенное с помощью разрабатываемого профилировщика (Б).



А  
Б  
А-фото РК Экардта, Б-РК Экардта построенное профилировщиком  
Рис. 5. Рабочее колесо Экардта

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная программа-профилировщик успешно строит геометрию проектируемых рабочих колес. С помощью ее и программных комплексов вычислительной газовой динамики можно организовывать задачи по оптимизации геометрии осерадиального колеса.

На основе разработанной программы-профилировщика в дальнейшем будет реализована программа-оптимизатор, целью которой будет являться подбор наиболее оптимальной конфигурации геометрии рабочего колеса центробежного компрессора.

Построенное рабочее колесо позволит использовать большой объем экспериментальных данных полученных Экардтом для глубокой верификации расчета центробежного колеса численными методами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кампсти Н. Аэродинамика компрессоров: Пер. с англ. - М: Мир, 2000.-688с.,ил.
2. Eckardt D. Investigation of the jet-wake flow of a highly-loaded centrifugal compressor impeller Doctoral Dissertation, Rheln Westfael Technical School, Aachen, West Germany, (1977), PP. 1-227.